



(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 890 653 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
13.01.1999 Bulletin 1999/02

(51) Int Cl. 6: C22C 38/00

(21) Numéro de dépôt: 98400447.3

(22) Date de dépôt: 25.02.1998

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Etats d'extension désignés:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 10.07.1997 FR 9708770

(71) Demandeur: Ascometal  
92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeur: Pichard, Claude  
57860 - Malancourt La Montagne (FR)

(74) Mandataire: Ventavoli, Roger  
USINOR,  
Direction Propriété Industrielle,  
Immeuble "La Pacific",  
La Défense,  
11/13 Cours Valmy,  
TSA 10001  
92070 La Défense (FR)

(54) Procédé de fabrication d'une pièce en acier cementée ou carbonitrurée et acier pour la fabrication de cette pièce

(57) Procédé de fabrication d'une pièce de mécanique en acier selon lequel on fabrique une ébauche de pièce en acier et on effectue un traitement de cémentation ou de carbonitration à haute température d'au moins une partie de la surface de l'ébauche de la pièce, la composition chimique de l'acier dont est constitué la pièce comprenant, en poids : 0,15 % ≤ C ≤ 0,35 % ; 0 % ≤ Si ≤ 0,6 % ; 0 % ≤ Mn + Cr + Ni + Mo < 5 % ; 0 % ≤ Al ≤ 0,1 % ; 0 % ≤ Cu ≤ 0,5 % ; 0 % ≤ Ti ≤ 0,05 % ; 0,004 % ≤ N ≤ 0,02 % ; 0 % ≤ S ≤ 0,15 % ; P ≤ 0,03 % ;

éventuellement, jusqu'à 0,02 % de tellure, jusqu'à 0,04 % de sélénium, jusqu'à 0,07 % de plomb, jusqu'à 0,005 % de calcium, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration ; la composition chimique étant ajustée pour que la courbe JOMINY de l'acier soit telle que : 45 HRC ≤ J<sub>3</sub> ≤ 50 HRC ; 39 HRC ≤ J<sub>11</sub> ≤ 47 HRC ; 31 HRC ≤ J<sub>25</sub> ≤ 40 HRC ; les valeurs moyennes J<sub>3m</sub>, J<sub>11m</sub> et J<sub>25m</sub> de cinq essais JOMINY étant telles que : IJ<sub>11m</sub> - J<sub>3m</sub> × 14 / 22 - J<sub>25m</sub> × 8 / 22I ≤ 2,5 HRC et J<sub>3m</sub> - J<sub>15m</sub> ≤ 9 HRC. Acier de cémentation ou de carbonitration pour fabriquer cette pièce.

EP 0 890 653 A1

**Description**

La présente invention concerne la fabrication de pièces en acier dont au moins une partie de la surface est durcie par cémentation ou carbonitruration, suivi d'une trempe à l'huile ou au gaz.

De nombreuses pièces de mécaniques en acier, telles que, par exemple, les engrenages, sont durcies en surface par cémentation ou carbonitruration. Pour cela, les pièces sont maintenues dans une atmosphère riche en carbone ou en carbone et en azote à une température supérieure à 900 °C pendant quelques heures, de façon à enrichir l'acier en carbone ou en carbone et en azote sur une certaine profondeur sous la surface, par diffusion de ces éléments à partir de la surface, puis, les pièces sont trempées à l'huile froide, tiède ou chaude, ou au gaz, de façon à durcir la surface. La cémentation ou la carbonitruration peut être effectuée également à une température supérieure à 1000 °C, on dit alors qu'il s'agit d'une cémentation ou d'une carbonitruration à haute température.

Pour fabriquer de telles pièces on utilise des aciers contenant de 0,15 % à 0,35 % de carbone, alliés au chrome, ou alliés au chrome et au molybdène, ou encore, alliés au chrome et au manganèse. Cette technique qui permet d'obtenir une dureté élevée en surface et au voisinage de celle ci, et qui permet, également, d'obtenir de bonnes caractéristiques mécaniques au coeur des pièces, présente cependant l'inconvénient d'engendrer des déformations pouvant conduire au rebut des pièces ou nécessitant des usinages supplémentaires coûteux.

Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient en proposant un moyen pour fabriquer des pièces en acier dont au moins une partie de la surface est durcie par cémentation ou par carbonitruration notamment à haute température.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une pièce de mécanique en acier selon lequel on fabrique une ébauche de pièce en acier et on effectue un traitement de cémentation ou de carbonitruration notamment à haute température d'au moins une partie de la surface de l'ébauche de la pièce. Selon ce procédé, la composition chimique de l'acier dont est constitué la pièce, comprend, en poids :

$$25 \quad 0,15 \% \leq C \leq 0,35 \%$$

$$0 \% \leq Si \leq 0,6 \%$$

$$30 \quad 0 \% \leq Mn + Cr + Ni + Mo \leq 5 \%$$

$$35 \quad 0 \% \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0 \% \leq Cu \leq 0,5\%$$

$$40 \quad 0 \% \leq S \leq 0,15 \%$$

$$P \leq 0,03 \%$$

45 éventuellement, jusqu'à 0,02 % de tellure, jusqu'à 0,04 % de sélénium, jusqu'à 0,07 % de plomb, jusqu'à 0,005 % de calcium, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. De plus, la composition chimique de l'acier est ajustée pour que la courbe JOMINY de l'acier soit telle que :

$$50 \quad 45 HRC \leq J_3 \leq 50 HRC$$

$$39 HRC \leq J_{11} \leq 47 HRC$$

$$55 \quad 31 HRC \leq J_{25} \leq 40 HRC$$

**EP 0 890 653 A1**

et pour que les valeurs moyennes  $J_{3m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

$$|J_{11m} - J_{3m} \times 14 / 22 - J_{25m} \times 8 / 22| \leq 2,5 \text{ HRC}$$

5

et,

$$J_{3m} - J_{15m} \leq 9 \text{ HRC, et de préférence, } \leq 8 \text{ HRC}$$

10

De préférence, la courbe JOMINY est telle que l'une au moins des conditions suivantes soit satisfaite :

$$10 \times (J_{7m} - J_{11m}) / (4 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2,15$$

15

et :

$$10 \times (J_{7m} - J_{15m}) / (8 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2$$

20

De préférence, la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,2 \% \leq C \leq 0,26\%$$

25

$$0,05 \% \leq Si \leq 0,5 \%$$

30

$$1 \% \leq Mn \leq 1,6 \%$$

$$0,4 \% \leq Cr \leq 1,5 \%$$

35

$$0,08 \% \leq Mo \leq 0,27 \%$$

$$0 \% \leq Ni \leq 0,6 \%$$

40

$$0,003 \% \leq Al \leq 0,06 \%$$

45

$$0 \% \leq Cu \leq 0,3 \%$$

$$0 \% \leq S \leq 0,1 \%$$

50

$$P \leq 0,03 \%$$

Et, mieux encore, cette composition chimique est telle que :

55

$$0,21 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

**EP 0 890 653 A1**

0,1% ≤ Si ≤ 0,45 %

5 1,1% ≤ Mn ≤ 1,5%

0,9 % ≤ Cr ≤ 1,4 %

10 0,09 % ≤ Mo ≤ 0,26 %

0% ≤ Ni ≤ 0,6 %

15 0,005 % ≤ Al ≤ 0,05 %

20 0 % ≤ Cu ≤ 0,3 %

0 % ≤ Ti ≤ 0,05 %

25 P ≤ 0,03 %

De préférence, la teneur en azote de l'acier est comprise entre 0,004 % et 0,02 %, et l'acier peut contenir de 0 % à 0,05 % de titane.

30 L'invention concerne également un acier de cémentation dont la composition chimique est celle qui vient d'être indiquée ; cet acier de cémentation ayant une courbe JOMINY telle que :

45 HRC ≤ J<sub>3</sub> ≤ 50 HRC

35 .  
39 HRC ≤ J<sub>11</sub> ≤ 47 HRC

40 31 HRC ≤ J<sub>25</sub> ≤ 40 HRC

les valeurs moyennes J<sub>3m</sub>, J<sub>11m</sub>, J<sub>15m</sub> et J<sub>25m</sub> de cinq essais JOMINY étant telles que :

45 I(J<sub>11m</sub> - J<sub>3m</sub>) x 14/22 - J<sub>25m</sub> x 8/22 ≤ 2,5 HRC

et,

50 J<sub>3m</sub> - J<sub>15m</sub> ≤ 9 HRC, et de préférence, ≤ 8 HRC

De préférence, les valeurs moyennes J<sub>7m</sub>, J<sub>11m</sub>, J<sub>15m</sub> et J<sub>25m</sub> de cinq essais JOMINY sont telles que l'une au moins des conditions suivantes soit satisfaitte :

55 10 x (J<sub>7m</sub> - J<sub>11m</sub>) / (4 x (J<sub>15m</sub> - J<sub>25m</sub>)) ≤ 2,15

et :

$$10 \times (J_{7m} - J_{15m}) / (8 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2$$

L'invention va maintenant être décrite plus en détails mais de façon non limitative, et illustrée par des exemples.

5 Les inventeurs ont constaté de façon nouvelle et inattendue, que les déformations engendrées par la trempe qui est effectuée en fin de traitement de cémentation ou en fin de carbonitruration pouvaient être considérablement atténues, voire supprimées, à condition d'utiliser, pour fabriquer la pièce, un acier dont la courbe JOMINY ne présente pratiquement pas de points d'infexion, contrairement aux courbes JOMINY des aciers utilisés habituellement pour cet usage. Plus précisément, ils ont constaté qu'il était souhaitable d'utiliser un acier contenant

- 10 - de 0,15 % à 0,35 % de carbone pour que l'acier soit facilement usinable, et pour obtenir une ténacité suffisante dans les parties non cémentées ou non carbonitrurées de la pièce;
- 15 - jusqu'à 0,6 % de silicium pour assurer une désoxydation suffisante de l'acier ;
- des éléments d'alliage tels que le manganèse, le chrome, le molybdène et le nickel, en des teneurs telles que leur somme reste inférieure à 5 % de façon à apporter une trempabilité suffisante, ajuster la forme de la courbe JOMINY et ajuster les propriétés mécaniques de la pièce tant à cœur que dans les zones cémentées ou carbonitrurées ;
- jusqu'à 0,1 % d'aluminium pour compléter la désoxydation et contrôler le grain ;
- moins de 0,5 %, de cuivre, qui est considéré comme une impureté qui tend à diminuer la ductilité et la ténacité des zones non cémentées ou non carbonitrurées ;
- 20 - éventuellement, de 0 % à 0,05 % de titane pour former des nitrures durcissants ;
- de préférence, la teneur en azote, élément toujours présent et qui réagit avec l'aluminium ou le titane pour former des nitrures, doit être comprise entre 0,004 % et 0,02 %;
- jusqu'à 0,15 % de soufre pour améliorer l'usinabilité ;
- moins de 0,03 % de phosphore qui est une impureté défavorable à la ductilité et à la ténacité.

25 L'acier peut contenir, en outre, jusqu'à 0,02 % de tellure, jusqu'à 0,04 % de sélénium, jusqu'à 0,07 % de plomb, jusqu'à 0,005 % de calcium, pour améliorer l'usinabilité. Le reste de la composition est du fer et des impuretés résultant de l'élaboration

30 La composition chimique est ajustée pour que la courbe JOMINY de l'acier soit telle que :

$$45 \text{ HRC} \leq J_3 \leq 50 \text{ HRC}$$

$$39 \text{ HRC} \leq J_{11} \leq 47 \text{ HRC}$$

$$31 \text{ HRC} \leq J_{25} \leq 40 \text{ HRC}$$

40 et pour que les valeurs moyennes  $J_{3m}$ ,  $J_{7m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

$$|J_{11m} - J_{3m} \times 14/22 - J_{25m} \times 8/22| \leq 2,5 \text{ HRC}$$

45 et,

$$J_{3m} - J_{15m} \leq 9 \text{ HRC}, \text{ et de préférence, } \leq 8 \text{ HRC}$$

50 La courbe JOMINY, est une courbe qui caractérise la trempabilité de l'acier. Elle est obtenue en mesurant la dureté le long d'une génératrice d'une éprouvette cylindrique trempée par un jet d'eau arrosant une de ses extrémités. La dureté mesurée à une distance de  $x$  mm de l'extrémité arrosée est appelée  $J_x$ . Cet essai est bien connu de l'Homme du Métier. Il présente cependant la caractéristique d'être naturellement assez dispersé. C'est pour cela que la forme de la courbe JOMINY est caractérisée, ici, d'une part par des fourchettes de valeur pour les points  $J_3$ ,  $J_{11}$  et  $J_{25}$ , et par la relation :  $|J_{11m} - J_{3m} \times 14/22 - J_{25m} \times 8/22| \leq 2,5 \text{ HRC}$ , qui fait intervenir les moyennes de cinq essais différents, effectués avec le même acier. Plus précisément, on effectue successivement 5 essais identiques ; pour chaque essai, on mesure au moins les valeurs de  $J_3$ ,  $J_7$ ,  $J_{11}$ ,  $J_{15}$  et  $J_{25}$ , on obtient ainsi cinq valeurs pour  $J_3$ ,  $J_7$ ,  $J_{11}$ ,  $J_{15}$  et  $J_{25}$ , et on calcule pour chaque point  $J_x$ , la moyenne  $J_{xm}$  des cinq valeurs. Dans cette relation, les barres verticales sont le symbole

connu en lui même de la valeur absolue. La relation, elle même, combinée avec la relation  $J_{3m} - J_{15m} \leq 9$  HRC ou  $\leq 8$  HRC, exprime que la courbe JOMINY ne présente pas d'inflexion marquées

La forme souhaitée pour la courbe JOMINY peut être affinée en imposant qu'elle satisfasse au moins une des relations suivantes :

5

$$10 \times (J_{7m} - J_{11m}) / (4 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2,15$$

et :

10

$$10 \times (J_{7m} - J_{15m}) / (8 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2$$

De telles courbes JOMINY peuvent être obtenues notamment avec un acier conforme à ce qui vient d'être défini, mais dont la composition chimique comprend, plus précisément, en poids :

- de 0,2 % à 0,26 %, et de préférence, de 0,21 % à 0,25 % de carbone pour avoir une dureté pas trop grande dans les pièces avant cémentation ou carbonitruration, et pour obtenir une bonne aptitude à la cémentation ou à la carbonitruration ;
- de 1 % à 1,6 %, et de préférence de 1,1 % à 1,5 % de manganèse pour obtenir une bonne santé interne, pour fixer le soufre, et pour, en combinaison avec le chrome et le molybdène, ajuster la trempabilité de façon à obtenir une courbe JOMINY satisfaisante ;
- de 0,05 % à 0,5 %, et de préférence, de 0,1 % à 0,45 % de silicium ;
- de 0,4 % à 1,5 % de chrome, et de préférence, de 0,9 % à 1,4 %, pour durcir la couche cémentée ou carbonitrurée, et en combinaison avec le manganèse et le molybdène, ajuster la trempabilité de façon à obtenir une courbe JOMINY satisfaisante ;
- de 0,08 % à 0,27 %, et de préférence, de 0,09 % à 0,26 % de molybdène, pour durcir la couche cémentée ou carbonitrurée, contribuer à augmenter la résistance à l'oxydation, et, en combinaison avec le manganèse et le chrome, ajuster la trempabilité de façon à obtenir une courbe JOMINY satisfaisante ; la limite inférieure correspond à la valeur minimale de la teneur en molybdène pour que cet élément ait un effet significatif ;
- de 0 % à 0,6 % de nickel pour améliorer la tenue au choc de la pièce.

De préférence, la teneur en cuivre reste inférieure à 0,3 %, la teneur en soufre est comprise entre 0,02 % et 0,1 %, et il est mieux qu'elle reste inférieure à 0,09 %, la teneur en aluminium est comprise entre 0,003 % et 0,06 %, et il est préférable qu'elle soit comprise entre 0,005 % et 0,05 %.

Comme indiqué ci dessus, l'acier peut contenir en outre un ou plusieurs éléments pris parmi le tellure, le sélénium, le plomb et le calcium.

Pour fabriquer une pièce suivant l'invention, on fabrique avec un acier conforme à l'invention une ébauche de pièce qu'on cémente ou qu'on carbonitrure à haute température et qu'on trempe à l'huile ou au gaz, l'huile pouvant être froide, tiède ou chaude. L'ébauche de pièce peut être fabriquée, par exemple, par forgeage et par usinage.

A titre d'exemple, on a réalisé des pièces avec six aciers selon l'invention, dont les compositions chimiques étaient :

45

|   | C    | Mn   | Si   | S     | P     | Ni    | Cr   | Mo    | Cu    | Al    |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| A | 0,23 | 1,25 | 0,27 | 0,028 | 0,018 | 0,2   | 1,15 | 0,1   | 0,14  | 0,028 |
| B | 0,24 | 1,4  | 0,4  | 0,05  | 0,02  | 0,25  | 1,0  | 0,24  | 0,25  | 0,04  |
| C | 0,21 | 1,35 | 0,15 | 0,07  | 0,025 | 0,35  | 1,25 | 0,18  | 0,2   | 0,01  |
| D | 0,21 | 1,27 | 0,25 | 0,03  | 0,02  | 0,21  | 1,12 | 0,2   | 0,14  | 0,005 |
| E | 0,23 | 1,27 | 0,27 | 0,031 | 0,014 | 0,197 | 1,1  | 0,214 | 0,137 | 0,016 |
| F | 0,23 | 1,10 | 0,25 | 0,03  | 0,015 | 0,15  | 1,3  | 0,15  | 0,12  | 0,016 |

50

55

Les courbes JOMINY de ces aciers étaient telles que :

| (duretés en HRC) | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| $J_3$            | 47,8 | 49,4 | 46,5 | 45,7 | 46,8 | 47,9 |

EP 0 890 653 A1

(suite)

|    | (duretés en HRC)  | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
|----|---|------|------|------|------|------|------|
| 5  | J <sub>7</sub>  | 45,5 | 48,5 | 45,4 | 45   | 45,8 | 45,5 |
|    | J <sub>11</sub>   | 41,6 | 45,6 | 41,8 | 45   | 43,1 | 41,6 |
|    | J <sub>15</sub>   | 39,1 | 43,3 | 39,4 | 43,1 | 39,4 | 39   |
| 10 | J <sub>25</sub>   | 34,3 | 39,2 | 34,9 | 37,8 | 34,2 | 34,1 |
|    | IJ <sub>11m</sub> - J <sub>3m</sub> × 14 / 22 - J <sub>25m</sub> × 8 / 22I                | 1,29 | 0,09 | 0,48 | 2,17 | 0,88 | 1,28 |
|    | J <sub>3m</sub> - J <sub>15m</sub>  | 8,7  | 6,1  | 7,1  | 2,6  | 7,4  | 8,9  |
|    | 10 × (J <sub>7m</sub> - J <sub>11m</sub> ) / (4 × (J <sub>15m</sub> - J <sub>25m</sub> )) | 2,02 | 1,75 | 2,00 | 0    | 1,30 | 1,97 |
| 15 | 10 × (J <sub>7m</sub> - J <sub>15m</sub> ) / (8 × (J <sub>15m</sub> - J <sub>25m</sub> )) | 1,66 | 1,59 | 1,66 | 0,45 | 1,54 | 1,65 |

Après cémentation à 995 °C pendant 10 heures et trempe à l'huile tiède à 98 °C, les pièces ne présentaient pas de déformations nécessitant un usinage supplémentaire. De plus, le cémentation était caractérisée par une teneur en carbone de 0,94 % à 0,1 mm sous la surface.

20 A titre de comparaison, on a réalisé, dans les mêmes conditions, des pièces identiques, en acier du type 27MC5, 29MC5, 27MC5u, 27MC5r, 27CD4u, 30M5 et 20CD4 conformes à l'art antérieur. Les compositions de ces aciers étaient :

|    | C      | Mn   | Si   | S    | P     | Ni    | Cr   | Mo   | Cu   | Al   |       |
|----|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 25 | 27MC5  | 0,23 | 1,18 | 0,24 | 0,033 | 0,015 | 0,13 | 1,08 | 0,04 | 0,16 | 0,024 |
|    | 29MC5  | 0,23 | 1,22 | 0,24 | 0,033 | 0,014 | 0,14 | 1,12 | 0,05 | 0,16 | 0,024 |
|    | 27MC5u | 0,26 | 1,19 | 0,25 | 0,033 | 0,015 | 0,09 | 1,09 | 0,04 | 0,13 | 0,025 |
| 30 | 27MC5r | 0,26 | 1,31 | 0,24 | 0,072 | 0,016 | 0,12 | 1,11 | 0,05 | 0,16 | 0,025 |
|    | 27CD4u | 0,27 | 0,74 | 0,25 | 0,032 | 0,012 | 0,15 | 1,08 | 0,22 | 0,17 | 0,028 |
|    | 30M5   | 0,30 | 1,41 | 0,24 | 0,072 | 0,015 | 0,13 | 0,43 | 0,06 | 0,16 | 0,025 |
| 35 | 20CD4  | 0,20 | 0,82 | 0,23 | 0,029 | 0,013 | 0,14 | 1,05 | 0,27 | 0,17 | 0,029 |

et les courbes JOMINY étaient telles que :

|    | (duretés en HRC)  | 27MC5 | 29MC5 | 27MC5u | 27MC5r | 27CD4u | 30M5 | 20CD4 |
|----|---|-------|-------|--------|--------|--------|------|-------|
| 40 | J <sub>3</sub>  | 48,8  | 49,7  | 49     | 48,5   | 48,9   | 50   | 45,3  |
|    | J <sub>7</sub>  | 45,8  | 47,3  | 45,6   | 45,9   | 46,1   | 40,3 | 40,8  |
|    | J <sub>11</sub>   | 40,3  | 43,2  | 40,4   | 41     | 39,8   | 31,9 | 34,4  |
| 45 | J <sub>15</sub>   | 36,6  | 39,6  | 36,8   | 37,6   | 35,6   | 28,4 | 31,2  |
|    | J <sub>25</sub>   | 32,7  | 35,1  | 33     | 33,7   | 31,6   | 24,4 | 27,8  |
|    | IJ <sub>11m</sub> - J <sub>3m</sub> × 14 / 22 - J <sub>25m</sub> × 8 / 22I                | 2,6   | 1,19  | 2,7    | 2,1    | 2,8    | 8,8  | 4,53  |
|    | J <sub>3m</sub> - J <sub>15m</sub>  | 12,2  | 10,1  | 12,2   | 10,9   | 9      | 21,6 | 14,1  |
| 50 | 10 × (J <sub>7m</sub> - J <sub>11m</sub> ) / (4 × (J <sub>15m</sub> - J <sub>25m</sub> )) | 3,52  | 2,27  | 3,42   | 3,14   | 3,94   | 5,25 | 8     |
|    | 10 × (J <sub>7m</sub> - J <sub>15m</sub> ) / (8 × (J <sub>15m</sub> - J <sub>25m</sub> )) | 5,9   | 2,13  | 2,89   | 2,66   | 3,28   | 3,72 | 3,87  |

Après cémentation, les pièces ont nécessité une reprise d'usinage. De plus, la teneur en carbone dans la couche cémentée, à 0,1 mm sous la surface, n'était que de 0,8 %. Ce dernier résultat, montre que, outre la plus faible sensibilité aux déformations, l'acier selon l'invention se cémente mieux que l'acier selon l'art antérieur.

**Revendications**

1. Procédé de fabrication d'une pièce de mécanique en acier selon lequel on fabrique une ébauche de pièce en acier et on effectue un traitement de cémentation ou de carbonitruration éventuellement à haute température d'au moins 5 une partie de la surface de l'ébauche de la pièce caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier dont est constitué la pièce comprend, en poids :

10                    $0,15 \% \leq C \leq 0,35 \%$

15                    $0\% \leq Si \leq 0,6 \%$

15                    $0 \% \leq Mn + Cr + Ni + Mo < 5 \%$

20                    $0\% \leq Al \leq 0,1\%$

25                    $0 \% \leq Cu < 0,5 \%$

25                    $0 \% \leq S < 0,15 \%$

25                    $P \leq 0,03 \%$

30                   éventuellement, jusqu'à 0,02 % de tellure, jusqu'à 0,04 % de sélénium, jusqu'à 0,07 % de plomb, jusqu'à 0,005 % de calcium, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique étant ajustée pour que la courbe JOMINY de l'acier soit telle que :

35                    $45 HRC \leq J_3 \leq 50 HRC$

35                    $39 HRC \leq J_{11} \leq 47 HRC$

40                    $31 HRC \leq J_{25} \leq 40 HRC$

40                   et pour que les valeurs moyennes  $J_{3m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

45                    $|J_{11m} - J_{3m}| \times 13/22 - |J_{25m} - J_{15m}| \times 8/22 \leq 2,5 HRC$

45                   et,

50                    $J_{3m} - J_{15m} \leq 9 HRC$

- 55                   2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'acier est tel que :

55                    $J_{3m} - J_{15m} \leq 8 HRC$

- 55                   3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que les valeurs moyennes  $J_{7m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

**EP 0 890 653 A1**

$$10 \times (J_{7m} - J_{11m}) / (4 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2,15$$

- 5        4. Procédé selon la revendication 1, la revendication 2 ou la revendication 3, caractérisé en ce que les valeurs moyennes  $J_{7m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

$$10 \times (J_{7m} - J_{15m}) / (8 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2$$

- 10      5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,2 \% \leq C \leq 0,26\%$$

15

$$0,05 \% \leq Si \leq 0,5\%$$

20

$$1\% \leq Mn \leq 1,6\%$$

25

$$0,4 \% \leq Cr \leq 1,5\%$$

30

$$0,08 \% \leq Mo \leq 0,27\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 0,6\%$$

35

$$0,003 \% \leq Al \leq 0,06\%$$

40

$$0\% \leq Cu \leq 0,3\%$$

45

$$0\% \leq S \leq 0,1\%$$

$$P \leq 0,03\%$$

6. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que :

50

$$0,21 \% \leq C \leq 0,25\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,45\%$$

55

$$1,1\% \leq Mn \leq 1,5\%$$

$$0,9 \% \leq Cr \leq 1,4\%$$

$$0,09 \% \leq Mo \leq 0,26\%$$

**EP 0 890 653 A1**

0 % ≤ Ni ≤ 0,6 %

5 0,005 % ≤ Al ≤ 0,05 %

0% ≤ Cu ≤ 0,3%

10 0,02% ≤ S ≤ 0,09%

P ≤ 0,03 %

- 15
- 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que l'acier contient, en outre, de 0 % à 0,05 % de titane.
  - 20 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que la teneur en azote de l'acier est comprise entre 0,004 % et 0,02 %.
  - 9. Acier de cémentation ou de carbonitruration caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids :

25 0,2 % ≤ C ≤ 0,26%

0,05 % ≤ Si ≤ 0,5 %

30 1 % ≤ Mn < 1,6%

0,4 % ≤ Cr ≤ 1,5%<sup>a</sup>

35 0,08 % ≤ Mo < 0,27 %

40 0 % ≤ Ni < 0,6 %

0,003 % ≤ Al ≤ 0,06 %

45 0 % ≤ Cu ≤ 0,3 %

0% ≤ S ≤ 0,1%

50 P < 0,03 %

55 éventuellement, jusqu'à 0,02 % de tellure, jusqu'à 0,04 % de sélénium, jusqu'à 0,07 % de plomb, jusqu'à 0,005 % de calcium, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

10. Acier de cémentation ou de carbonitruration selon la revendication 9 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que :

**EP 0 890 653 A1**

$$10 \times (J_{7m} - J_{11m}) / (4 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2,15$$

- 5     4. Procédé selon la revendication 1, la revendication 2 ou la revendication 3, caractérisé en ce que les valeurs moyennes  $J_{7m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

$$10 \times (J_{7m} - J_{15m}) / (8 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2$$

- 10    5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,2 \% \leq C \leq 0,26\%$$

15

$$0,05 \% \leq Si \leq 0,5\%$$

20

$$1\% \leq Mn \leq 1,6\%$$

25

$$0,4 \% \leq Cr \leq 1,5\%$$

30

$$0,08 \% \leq Mo \leq 0,27\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 0,6\%$$

35

$$0,003 \% \leq Al \leq 0,06\%$$

$$0\% \leq Cu \leq 0,3\%.$$

40

$$0\% \leq S \leq 0,1\%$$

45

$$P \leq 0,03\%$$

6. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que :

50

$$0,21 \% \leq C \leq 0,25\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,45\%$$

55

$$1,1\% \leq Mn \leq 1,5\%$$

$$0,9 \% \leq Cr \leq 1,4\%$$

$$0,09 \% \leq Mo \leq 0,26\%$$

0 % ≤ Ni ≤ 0,6 %

5 0,005 % ≤ Al ≤ 0,05 %

0% ≤ Cu ≤ 0,3%

10 0,02% ≤ S ≤ 0,09%

P ≤ 0,03 %

- 15 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que l'acier contient, en outre, de 0 % à 0,05 % de titane.
- 20 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que la teneur en azote de l'acier est comprise entre 0,004 % et 0,02 %.
9. Acier de cémentation ou de carbonitruration caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids :

25 0,2 % ≤ C ≤ 0,26%

0,05 % ≤ Si ≤ 0,5 %

30 1 % ≤ Mn < 1,6%

0,4 % ≤ Cr ≤ 1,5%<sup>a</sup>

35 0,08 % ≤ Mo < 0,27 %

40 0 % ≤ Ni < 0,6 %

0,003 % ≤ Al ≤ 0,06 %

45 0 % ≤ Cu ≤ 0,3 %

0% ≤ S ≤ 0,1%

50 P < 0,03 %

55 éventuellement, jusqu'à 0,02 % de tellure, jusqu'à 0,04 % de sélénium, jusqu'à 0,07 % de plomb, jusqu'à 0,005 % de calcium, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

10. Acier de cémentation ou de carbonitruration selon la revendication 9 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que :

**EP 0 890 653 A1**

0,21 % ≤ C < 0,25 %

5                    0,1% ≤ Si ≤ 0,45 %

1,1% ≤ Mn ≤ 1,5%

10                  0,9 % ≤ Cr ≤ 1,4 %

0,09 % ≤ Mo < 0,26 %

15                  0 % ≤ Ni < 0,6 %

20                  0,005 % ≤ Al ≤ 0,05 %

0% ≤ Cu ≤ 0,3%

25                  0,02% ≤ S ≤ 0,09 %

P < 0,03 %

30                  11. Acier de cémentation ou de carbonitruration selon la revendication 9 ou la revendication 10 caractérisé en ce que sa courbe JOMINY est telle que :

35                  45 HRC ≤ J<sub>3</sub> ≤ 50 HRC

39 HRC ≤ J<sub>11</sub> ≤ 47 HRC

40                  31 HRC ≤ J<sub>25</sub> ≤ 40 HRC

les valeurs moyennes J<sub>3m</sub>, J<sub>11m</sub>, J<sub>15m</sub> et J<sub>25m</sub> de cinq essais JOMINY étant telles que :

45                  |J<sub>11m</sub> - J<sub>3m</sub> x 13/22 - J<sub>25m</sub> x 8/22| ≤ 2,5 HRC

et,

50                  J<sub>3m</sub> - J<sub>15m</sub> ≤ 9 HRC

12. Acier de cémentation ou de carbonitruration selon la revendication 11 caractérisé en ce que :

55                  J<sub>3m</sub> - J<sub>15m</sub> ≤ 8 HRC

13. Acier de cémentation ou de carbonitruration selon la revendication 11 ou la revendication 12 caractérisé en ce

que les valeurs moyennes  $J_{7m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

$$10 \times (J_{7m} - J_{11m}) / (4 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2,15$$

- 5      14. Acier de cémentation ou de carbonitruration selon la revendication 11, la revendication 12 ou la revendication 14, caractérisé en ce que les valeurs moyennes  $J_{7m}$ ,  $J_{11m}$ ,  $J_{15m}$  et  $J_{25m}$  de cinq essais JOMINY soient telles que :

$$10 \times (J_{7m} - J_{15m}) / (8 \times (J_{15m} - J_{25m})) \leq 2$$

- 10     15. Acier selon l'une quelconque des revendications 9 à 14 caractérisé en ce que il contient en outre de 0 % à 0,05 % de titane.

- 15     16. Acier selon l'une quelconque des revendications 9 à 15 caractérisé en ce que sa teneur en azote est comprise entre 0,004 % et 0,02 %.

20

25

30

35

40

45

50

55



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 98 40 0447

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |  |                         |  |
|---|--|-------------------------|--|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes  | Revendication concernée | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)                  |
| Y   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 97, no. 006, 30 juin 1997<br>& JP 09 053149 A (KOBE STEEL LTD.),<br>25 février 1997<br>* abrégé *<br>---     | 1                       | C22C38/00  |
| Y   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 95, no. 007, 31 août 1995<br>& JP 07 097660 A (KOBE STEEL LTD.),<br>11 avril 1995<br>* abrégé *              | 1                       |  |
| Y   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 12, no. 082 (C-481), 15 mars 1988<br>& JP 62 214157 A (KOBE STEEL LTD.),<br>19 septembre 1987<br>* abrégé *  | 1                       |  |
| Y   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 12, no. 082 (C-481), 15 mars 1988<br>& JP 62 214158 A (KOBE STEEL LTD.),<br>19 septembre 1987<br>* abrégé *  | 1                       | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int.Cl.6)<br>C22C |
| Y   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 10, no. 269 (C-372),<br>12 septembre 1986<br>& JP 61 091348 A (KOBE STEEL LTD.),<br>9 mai 1986<br>* abrégé * | 1                       |  |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                            |  |                         |  |
| Lieu de la recherche  | Date d'achèvement de la recherche  | Examinateur             |  |
| LA HAYE   | 1 octobre 1998   | Lippens, M              |  |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS   |  |                         |  |
| X : particulièrement pertinent à lui seul   | T : théorie ou principe à la base de l'invention   |                         |  |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie | E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date   |                         |  |
| A : arrête-plan technologique   | D : cité dans la demande   |                         |  |
| O : divulgation non-écrite  | L : cité pour d'autres raisons   |                         |  |
| P : document intercalaire   | & : membre de la même famille, document correspondant  |                         |  |

... NO PAGE RANK (USPTO)